# 杂拟谷盗的热适应特性*

夏继刚　王立志　李秉一　李晓晨**

（陕西师范大学生命科学学院　西安　710062）

**The thermal adaptation of *Tribolium confusum*.** XIA Ji-Gang, WANG Li-Zhi, LI Bing-Yi, Li Xiao-Chen**(*College of Life Sciences, Shaanxi Normal University* 710062 Xi'an, China)

**Abstract** In order to understand characteristics of thermal adaptation of *Tribolium confusum* Jacquelin du Val, the insects were acclimated to 15℃, 25℃ and 35℃ for 2 weeks respectively with non-acclimated beetles at room temperature ranging from 18.2℃ to 24.6℃ as the control. The preferred temperature (PT), critical thermal minimum (CTMin) and critical thermal maximum (CTMax) of the insects were measured using a thermal gradient apparatus. The results showed that the PT, CTMin and CTMax, were significantly influenced by acclimation temperature (AT) ($P < 0.01$) and that the preferred temperature range was positively correlated with AT. In addition, the PT was most remarkably influenced by the AT (0.317), and the AT exerted more influences on the CTMin (0.310) than on the CTMax (0.255).

**Key words** *Tribolium confusum*, thermal acclimation, thermal adaptation

摘　要　为了解杂拟谷盗 *Tribolium confusum* Jacquelin du Val 的热适应特性，将杂拟谷盗分别于 15, 25 和 35℃下驯化 2 周后，用温度梯度仪测量在不同温度驯化下杂拟谷盗的最适温度、临界低温和临界高温。结果表明，驯化温度对杂拟谷盗最适温度、临界低温和临界高温的影响极显著（$P < 0.01$），最适温度、临界低温、临界高温均随着驯化温度的升高而升高。最适温区的范围随着驯化温度的升高而扩大。驯化温度对杂拟谷盗最适温度的影响最大（0.317），对临界低温的影响（0.310）大于临界高温（0.255）。

关键词　杂拟谷盗，热驯化，热适应

温度是影响变温动物发育、存活和繁殖的重要生态因子，动物的代谢、运动、繁殖和生长发育需要在适宜的温度范围内进行[1~4]。储粮害虫属变温动物，保持和调节体温的能力有限[5]，其生命活动只有在一定的温度范围内才能正常进行，超过一定的温度范围，生命活动将受到抑制，甚至引起死亡[6]。通常热驯化可以改变动物的适合度和其对环境温度的耐受程度，动物能够通过行为调节和生理机能的补偿性调整对变化的环境温度做出反应[2,7]，通过行为表达来估测动物热适应性的方法已被广泛应用于各种动物的研究[2,7~8]。最适温度、临界高温和临界低温是评估变温动物热生理需求的常用指标，是动物热耐受性方面的重要参数[3]。

目前我国粮食储备环境比较差，储粮害虫普遍采用化学防治的方法，造成了粮食污染和环境污染，危害人类健康，而且储粮害虫抗药性的日趋严重[9]，也为有效防治带来了较大困难。温控防治作为一种绿色防治方法为人们所期待，然而当前人们对于利用温控法防治储粮害虫还缺乏相应的理论指导，对于不同温度下生长发育的害虫的热适应特性的研究更是空白。对于储粮害虫的热适应性研究是进行害虫温控防治的基础与前提，对于不同驯化温度下储粮害虫热适应性的研究可以了解不同地区害虫的热生理需求及其热耐受性，这在对害虫的温控防治方面有重要的理论与实践意义。杂拟谷盗 *Tribolium confusum* Jacquelin du Val 是我国重要

* 陕西省自然科学基金资助（编号：98H16）。

** 通讯作者，Email：xiaochen@snnu.edu.cn

收稿日期：2006-01-23，修回日期：2006-04-04

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.n

的储粮害虫之一，分布广泛，食性杂，主要危害面粉、小麦等。有关化学药剂和高温处理对杂拟谷盗的影响等方面已有研究[10, 11]。为储粮害虫温控防治提供理论依据，作者对杂拟谷盗的热适应特性进行了初步研究，结果报道如下。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试昆虫

实验所用杂拟谷盗均为新羽化 3 周后的成虫，用小麦喂养。分别于（15 ±0.5）℃，（25 ±0.5）℃，（35 ±0.5）℃的恒温恒湿培养箱（LRH-250-S，广东医疗器械厂）内驯化 2 周，光周期 14L∶10D。以室温（18.2 ~ 24.6 ℃）下不驯化组为对照。为避免产生热激反应，驯化温度从 22 ℃开始，以 2 ℃/d 的速率升温或降温至所要的驯化温度（升温或降温的天数不作为驯化时间计算）。选择从 22 ℃开始升温或降温是因为该虫当时生活的平均温度约为 22 ℃。每个温度下重复 2 组。分别随机抽取 30 头杂拟谷盗用于实验研究，平均体长分别为（3.19 ±0.02）mm，（3.16 ±0.01）mm，（3.18 ±0.02）mm 和（3.19 ±0.02）mm，各组间无显著差异（$P$ > 0.05）。

### 1.2 温度梯度仪的制作

制作一个 60 cm × 4 cm × 3 cm 的金属槽，在其两端距端点 10 cm 处向下弯成直角，将金属槽两端分别置于冰水槽和恒温水浴锅中，调整水浴锅的温度，在金属槽两端建立起 0 ~ 50 ℃均匀稳定的温度梯度。用一长 45 cm、宽 5 cm 的玻璃盖于金属槽上，以减少空气对流引起的温度变化并防止供试昆虫逃逸。

### 1.3 热适应性的测定

将不同温度下驯化的杂拟谷盗置于温度梯度仪中，让其自由运动，待其适应 1 ~ 2 min 后，用数字点温计（thermistor 400 series）测定其长时间停留或出现频率最高的位置的温度，即为其最适温度。通过测定杂拟谷盗的临界高温和临界低温确定其热耐受性。杂拟谷盗在高温处呈现出躁动不安、翻身、昏迷或迅速转身逃跑等行为时所在位置的温度即为其临界高温，在低温处呈现出停止不前、附肢伸展或不能站立等行为时所在位置的温度即为其临界低温。

### 1.4 数据统计

数据统计前，对所有数据进行正态性检验。用单因素方差分析（ANOVA）和回归分析对数据进行统计处理。本文中各项指标的统计值均用平均值 ±标准差表示，显著性水平设在 $P$ = 0.05。

驯化反应比率[12]（the acclimation response ratio，ARR）是反映热驯化效应强弱程度的一项指标，用动物忍耐温度的变化量与驯化温度变化量的比值来表示。例如经过 15 ℃、35 ℃驯化后最适温度 ARR 的计算方法为：

ARR =（35 ℃驯化后的最适温度 − 15 ℃驯化后的最适温度）/（35 ℃ − 15 ℃）。

驯化反应比率越大则表明驯化温度对动物的影响越明显。

## 2 结果和分析

### 2.1 热驯化对杂拟谷盗最适温度的影响

经过 15，25，35 ℃驯化后杂拟谷盗的最适温度分别为（24.91 ±1.15）℃，（27.68 ±1.90）℃，（31.24 ±1.59）℃，对照组在室温下的最适温度为（27.63 ±2.00）℃。单因素方差分析表明，不同驯化温度对杂拟谷盗最适温度的影响极显著（$F_{3,30}$ = 70.06，$P$ < 0.01），杂拟谷盗的最适温度随着驯化温度的升高而升高（图 1）。

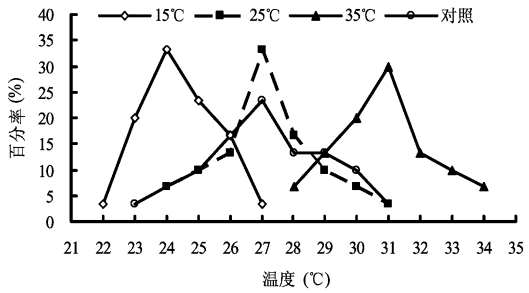


图 1 不同温度驯化后杂拟谷盗的最适温度频次分布

### 2.2 热驯化对杂拟谷盗热耐受性的影响

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.n

不同驯化温度对杂拟谷盗临界高温的影响极显著($F_{3,30}=92.88$, $P<0.01$)。经过 15, 25, 35 ℃驯化后杂拟谷盗的临界高温分别为(36.07 ±1.49)℃,(37.55 ±1.41)℃,(41.16 ±2.35)℃,对照组的临界高温为(39.59 ±1.18)℃。不同驯化温度对杂拟谷盗临界低温的影响也极显著($F_{3,30}=94.68$, $P<0.01$)。经过 15 ℃, 25 ℃, 35 ℃驯化后杂拟谷盗的临界低温分别为(12.42 ±0.65)℃,(15.90 ±0.94)℃,(17.61 ±1.44)℃,对照组的临界低温为(14.05 ±1.85)℃。恒温驯化下杂拟谷盗的临界高温和临界低温均随着驯化温度的升高而升高(图 2)。

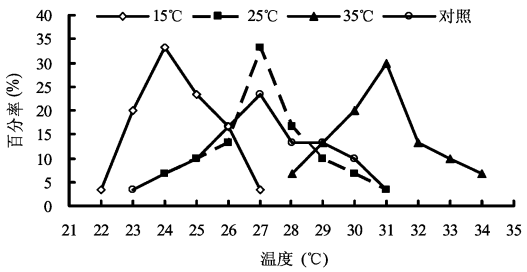


图 2　不同温度驯化后杂拟谷盗的临界高温与临界低温

### 2.3　驯化反应比率(ARR)

驯化温度对杂拟谷盗最适温度的影响最大(0.317),对临界低温的影响(0.310)大于临界高温(0.255)。低温驯化影响杂拟谷盗的临界低温值(0.348),高温驯化影响杂拟谷盗临界高温值(0.361)(表 1)。

表 1　杂拟谷盗的驯化反应比率

| 驯化反应率 ARR | 驯化温度(℃) | | |
|---|---|---|---|
| | 15－25 | 25－35 | 15－35 |
| 最适温度 | 0.277 | 0.356 | 0.317 |
| 临界高温 | 0.148 | 0.361 | 0.255 |
| 临界低温 | 0.348 | 0.271 | 0.310 |

## 3　讨论

### 3.1　热驯化对杂拟谷盗最适温度和最适温区的影响

昆虫具有明显的选择适宜环境温度的行为,以利其取食、繁殖和生长发育[2]。经 15, 25, 35 ℃驯化后杂拟谷盗选择的最适温区分别为 24.20 ~ 26.00, 26.40 ~ 29.30, 29.80 ~ 32.90 ℃,对照组的最适温区为 26.10 ~ 29.80 ℃。最适温区的范围比较狭窄,这可能与杂拟谷盗的生境密切相关,杂拟谷盗主要生活在面粉、小麦等粮作物中,其生境的温度变化很小。经 15, 25, 35 ℃驯化后杂拟谷盗最适温区的范围有所增大,分别为 1.80, 2.90, 3.10 ℃,说明高温驯化下杂拟谷盗的最适温区较宽,而低温驯化下杂拟谷盗的最适温区较窄,这与 Lagerspetz 对水蚤 *Daphnia magna* 热适应性的研究结果相一致[4]。对照组在室温下的最适温区范围最大,为 3.70 ℃,说明变温下杂拟谷盗的最适温区较恒温下宽。

### 3.2　不同驯化温度对杂拟谷盗临界高温和临界低温的影响

超过一定的温度范围,储粮害虫的生命活动将受到抑制,甚至引起死亡[6]。对于杂拟谷盗临界高温和临界低温的测定在其温控防治上具有重要的现实意义。低温驯化可使杂拟谷盗忍耐较低的临界低温,而高温驯化则可使杂拟谷盗忍耐较高的临界高温。经 15, 25, 35 ℃驯化后杂拟谷盗耐受极端温度的范围分别为:23.65, 21.65, 23.55 ℃,对照组耐受极端温度的范围最大,为 25.54 ℃,这说明在恒温驯化下经过高温和低温驯化的杂拟谷盗耐受极端温度的范围较宽,而变温下杂拟谷盗耐受极端温度的范围较恒温下宽,变温驯化可以增强杂拟谷盗对极端温度的忍耐力,这一结果已在对贻贝等动物的实验中得到验证[13]。

### 3.3　实践意义

不同驯化温度对杂拟谷盗的最适温度、临界低温和临界高温均有极显著的影响,最适温度、临界低温、临界高温均随着驯化温度的升高而升高,这一结论在储粮害虫的温控防治上具有重要意义:(1)在粮食储藏过程中可以有意识的避开害虫的最适温区或耐受温区以限制害虫的发育和繁殖,将害虫的数量控制在最低限度。(2)鉴于各地储粮害虫的热适应性存有较大差异,对各地储粮害虫实施温控防治可以采取不

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.n

同的温控条件以减少财力的投入,降低防治成本。(3)由于小麦等储粮有后熟阶段,会导致粮食升温,所以低温储粮需要给以粮仓很低的温度,在实践中较难操作,而且成本较高,而高温储粮又容易引起粮食的质量问题。因此传统的温控防治采用单一的低温或高温储粮的措施,在实践上有较大难度。而且已有一些实验结果表明动物发育早期的热状况以及其亲代的生存温度将会对动物的热耐受性产生重要影响,提高动物后期或子代对不利环境的适合度[14]。采用高低温交替控制的办法将不失为对储粮害虫温控防治1个可行的措施。比如可以将粮食在10℃下较低的温度存储1个月后,再突然将温度升高至45℃较高的温度保持1个月,之后再降以低温,反复交替。高低温交替控制的办法不需要达到一个过高或过低的温度就可以使害虫来不及应对突变的环境而停止活动或死亡,即使有少数的个体能够在较高或较低的温度下繁殖和发育,那么它也将更加难以应付即将到来的突变环境。

影响杂拟谷盗热适应性的因素可能是来自多方面的。杂拟谷盗热适应性可能会因为季节、地理分布、虫口密度、食物、性别、聚集度等各种因素的影响而发生改变,害虫不同发育时期对温度的耐性亦有不同[15]。因此,有关不同温度对杂拟谷盗各虫态生长、发育和繁殖的影响以及不同温度对杂拟谷盗致死温度和致死率的影响等问题都需要做深入研究。由于自然状况下生存的杂拟谷盗受到温度、湿度、氧、食物、竞争等多因子的影响,因而多因子作用下杂拟谷盗的热适应性也有待于进一步研究。

## 参 考 文 献


1 Angilletta M. J., Niewiarowski P. H., Navas C. A. *J. Therm. Biol.*, 2002, **27**: 249~268.

2 Hayward S. A. L, Worland M. R., Convey P., *et al*. *Physiol. Entomol.*, 2003, **28**: 114~121.

3 McCauley R. W., Casselman J. M. In: Proceedings of the World Symposium on Aquaculture in Heated Effluents and Recirculation Systems. Vol. 2. Heenemann Verlagsgesellschaft, Berlin, 1981. 81~93.

4 Lagerspetz K. Y. H. *J. Therm. Biol.*, 2000, **25**: 405~410.

5 Arbogast R. T. In: Gorham J. R. (ed.), Ecology and Management of Food-Industry Pests, AOAC, Arlington, Virginia, 1991. 131~176.

6 Bursell E. In: Rockstein M. (ed.), The Physiology of Insects, NY: Academic Press, 1973. 1~41.

7 Reynolds W. W., Casterlin M. E. *Am. Zool.*, 1979, **19**: 211~224.

8 Li, X. C. and Wang L. Z. *J. Therm. Biol.*, 2005, **30**: 443~448.

9 Mutero A., Pralavorio M., Bride J. M., *et al*. *Proc. Natl. Acad. Sci.* USA, 1994, **91**: 5922~5926

10 Oosthuizen M. J. Minn. *Agric. Expt. Stn. Tech. Bull.*, 1935, **107**: 1~45.

11 Mahroof R., Subramanyam B. h., Throne J. E., Menon A. *J. Econ. Entomol.*, 2003, **96**: 1 345~1 351.

12 Claussen D. L. *Comp. Biochem. Physiol.*, 1977, **58A**: 333~340.

13 Widdows J. *J. Comp Physiol.*, 1976, **105**: 115~128.

14 Gilchrist G. W., Huey R. B. *Evolution.*, 2001, **55**: 209~214.

15 Davison T. *F. J. Insect Physiol.*, 1969, **15**: 977~988.


# 蜜蜂大批失踪 威胁美国农业

据《美联社》报道,一种蜜蜂寄生瓦螨近年在美国泛滥,破坏了大多数野生蜂群,也严重冲击了美国的养蜂业,无疑使处于低谷的养蜂业雪上加霜!目前全美人工养殖蜂群数量仅为20年前的1/4,养蜂人的数量更是减少了一半。更堪忧的是,如今又惊现不明疾病,大批的蜜蜂飞出去寻找花蜜和花粉,却神秘地不再返回蜂巢。研究人员解剖染病致死的蜜蜂发现,这些蜜蜂感染大量真菌和细菌,免疫系统遭到破坏。研究人员还发现了几种可能致病因素,比如螨虫感染和杀虫剂中毒。螨虫破坏了全球的蜜蜂群落,而用于杀灭螨虫的杀虫剂则使蜂王所产下的工蜂数量减少。仅与几年前相比,蜂王的寿命已经缩短一半。远距离地在全国频繁搬运蜜蜂还导致病毒和螨虫迅速扩散。蜜蜂作为农作物的重要传粉媒介,对农业生产起着重要作用,大多数供食用的农作物和部分经济作物需要媒介授粉才能结出果实。据康萘尔大学的一项研究估计,蜜蜂每年要为价值达140亿美元的作物授粉。我们所吃的食物中1/3是靠蜜蜂授粉成熟的。宾州农业部门养蜂业负责人丹尼说今年春夏极有可能出现"蜜蜂荒",农业生产者应有准备预防蜜蜂"群体暴病失调"。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.n